冬期路面管理の効率性向上に資する意思決定支援システムの開発について

（独）土木研究所寒地土木研究所　○徳永ロベルト
切石亮
高橋尚人

冬期の路面管理において、路面状態の予測・判断は適正な冬期路面管理を目指す上で重要な要素である。当研究所では、冬期路面管理サービスの効率性向上のため、気象予測情報、路面凍結予測情報及び冬期路面すべり抵抗モニタリング情報を提供する意思決定支援システムを構築･改良し、道路管理者への情報提供を試行している。本稿では、本取り組みの概要と今後の展望について紹介する。

キーワード：冬期路面管理、意思決定支援、情報提供

1.　はじめに

北海道では、冬期間においても安全かつ円滑な道路交通機能の確保は重要な課題である。そのため、道路管理者は道路の施設整備や除排雪・凍結防止剤等の散布といった冬期道路の維持管理を恒常的に施しているが、昨今の予算制約によってより効果的・効率的な冬期道路管理の実施が求められている。その中で、冬期道路管理の一環である冬期路面管理では冬期路面状態の予測・判断は適切かつ効率的な路面管理を目指す上で重要な要素である。

当研究所では､冬期路面管理の効率性向上のため､道路管理者に気象予測情報、路面凍結予測情報及び冬期路面すべり抵抗モニタリング情報を提供する意思決定支援システムの試行運用を行っている。当該システムは、逐次改良しながら試行運用しており、平成21年度冬期には､北海道における情報提供対象路線と地点の拡大、情報提供用の地図の操作性の向上等のインターフェースの改良を行い、道路管理者に情報提供を試行している。本文では、これらの取り組み状況と今後の展望について紹介する。

2.　国内外における既往の取組

冬期道路管理の的確性を高めるため、気象に関する情報と道路交通状況に関する情報を収集し、情報発信するシステムは、道路管理者の意思決定を支援する重要な役割を果たしている。道路沿道に気象観測センサーを設置し、気象情報を発信するシステムは、一般的に欧州ではRWIS（Road Weather Information System）[1]及び北米ではMDSS（Maintenance Decision Support System）[2]と呼ばれ、多くの国や地域[3]で使用されている。また、地点によって変化する路面状態を的確に捉えるため、気象観測機器を設置したプローブ車両も活用されている。Ledent[4]は、非接触式赤外線温度計を設置した車両で走行しながら路面温度分布をモニタリングするサーマルマッピング試験を実施し、路面温度分布図を作成している。Munehiroら[5]は、プローブ車両の旅行速度の変化から冬期気象が道路交通に与える影響を定量的に評価している。Dinkel[6]は、ワイパー、ヘッドライト、ABSの作動情報を収集するXFCD（Extended Floating Car Data）を用いて路面状態をより正確に把握するプロジェクトに取り組んでいる。

これらのシステムは、ITS技術の発展に伴って高度化され、気象条件、道路条件および道路交通管理に応じて独自の発達を遂げている。このような中、我が国においても、日本の気象条件、道路条件及び道路管理に適した意思決定支援システムを構築することが必要である。

3.　意思決定支援システムについて

（1）システムの役割
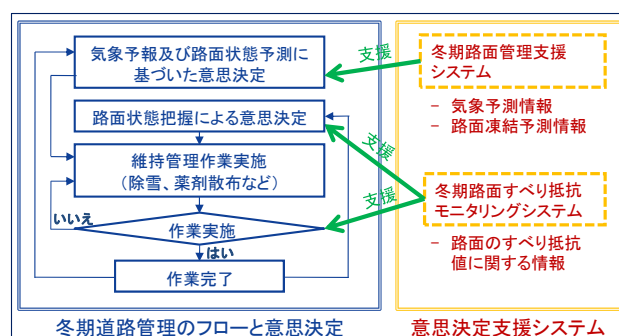
図1 冬期道路管理プロセスにおける各意思決定支援システムの役割

Roberto Tokunaga, Kiriishi Makoto and Naoto Takahashi

図 2　冬期路面管理支援システムの仕組み

冬期路面管理の意思決定には 2 つの段階が挙げられる。一つは、気象条件及び路面状態の変化を予測し、路面が凍結する前に路面管理の作業内容や薬剤散布の必要性を的確に判断することである。次に、道路パトロール等により路面状態の変化を把握し、各種対策の必要性について判断することである。しかし、実際には冬期道路管理の基本となる路面状態の予測・評価は主観や経験に基づいて行われているのが現状である。例えば、路面管理作業の実施判断を行う際の路面凍結の予測は気象情報等を参考に意思決定責任者の経験値で行われている。また、路面状態の評価は目視によって路面上の雪氷の状況を判別して路面を分類する方法が主体であり、評価の客観性・信頼性には疑問がある。

以上のことから、当研究所では上記の 2 つの段階における意思決定を支援するツールとして、冬期の気象予測情報、路面凍結予測情報及び冬期路面すべり抵抗モニタリング情報を含む意思決定支援システムを構築した（図 1）。

（2）冬期路面管理支援システム

図 2 に、冬期路面管理支援システムの概要図を示す。情報発信は、データの取得・集約、予測情報の作成、予測情報の発信というプロセスを経る。

データの取得は、沿道に設置した気象観測機器（道路管理者が所管している道路テレメータを含む）から気象観測データ・路面温度観測データを取得する。また、気象機関から日射量、雲量、湿度といった気象実況データや予測データを入手し、気象予測情報、路面凍結予測情報の作成に用いている。取得したデータは、電話回線及び気象機関の回線を介して冬期路面管理支援システムのサーバーに集約される。当該システムにおいて提供される情報は、気象予測、路面温度、凍結リスク等に関する現況値及び予測値である。なお、路面温度の予測値は気象の予測値等を当研究所で構築した予測モデル [7] が組まれたサーバーに入力することで得られ、最大 16 時間先までの情報提供が可能である。これらの情報は、インターネットを介して道路管理者及び維持請負業者に配信される。当該システムによる予測情報は、気象や路面状態の変化に対応した作業判断が適宜かつ迅速に行えるよう一時間毎に更新される。

（3）冬期路面すべり抵抗モニタリングシステム

連続路面すべり抵抗値測定装置（CFT）によって測定したすべり抵抗値（HFN）は、車内の制御・表示装置でリアルタイムに確認できる他、時刻や GPS 測位データ等とともにデータロガー等を用いて記録収集することも可能である。

当研究所では、記録されたデータを基に、デジタル道路地図の道路区間とリンク付けしたデータベースを構築し、地図表示や蓄積したデータを用いて種々の分析が可能な「路面すべり抵抗モニタリングシステム」を構築した（図 3）。当該システムを構築したことにより、時間的及び空間的な路面状態（すべり抵抗値）の変化を仔細に捉えることが可能となった。
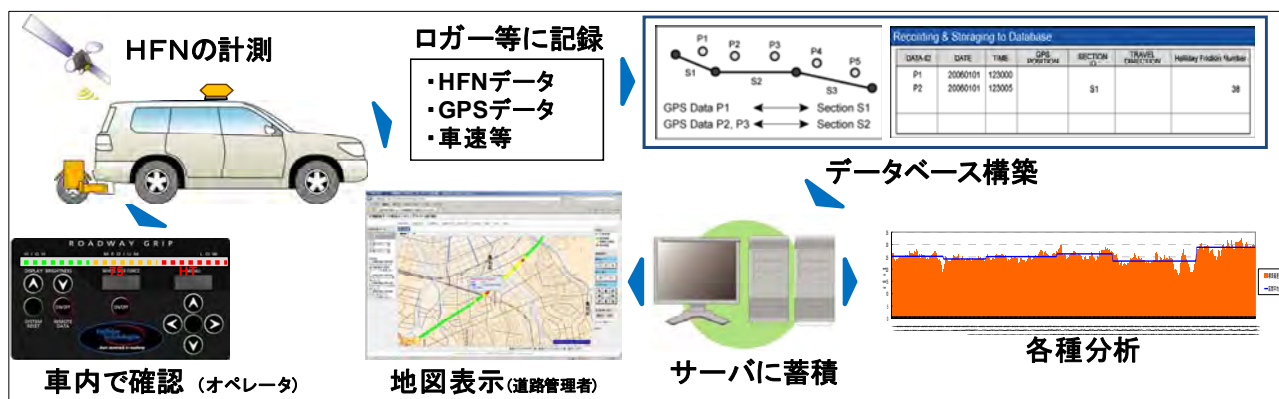
図 3　冬期路面すべり抵抗モニタリングシステムの仕組み

4.　意思決定支援システムの構築

（1）ポータルサイト

本研究における意思決定支援システムは、インターネットを介して道路管理者及び道路維持請負業者に情報を発信する。インターネットを利用したのは、専用の回線や情報端末などを必要としないため、イニシャルコスト及びランニングコストを抑えられるためである。なお、当システムは道路管理者及び維持管理請負業者ための専用システムであるため、現在は ID とパスワードによってアクセスを制限している。

当該システムのトップページには、ポータルサイト（図 4）が設けられており、システムの取扱説明書のダウンロードができるとともに、「システム選択」、「お知らせ」、「地図メニュー」の三つのカテゴリーで構成されている。「システム選択」では、冬期路面管理支援システムと冬期路面すべり抵抗モニタリングシステムを選択することができる。冬期路面管理支援システムは主に気象予測、情報を提供し、冬期路面すべり抵抗モニタリングシステムは主に現在情報を提供するので、現段階では、それぞれ独立したシステムとしている。また、現在道路利用者が利用している他のシステムも、ポータルサイトに順次統合することを予定している。「お知らせ」ではシステム更新などの情報を発信する。「地図メニュー」では、各地区の道路管理者が管轄する地区内の情報に絞ってシステムを利用することができる。

（2）冬期路面管理支援システムのインターフェース

図 5 に冬期路面管理支援システムのインターフェースを示す。当該システムは、気象と路面凍結に関する現況及び予測情報を発信する。具体的には、北海道内の気温・降雪等の現況及び予測値と、特定区間道路の路面温度・凍結リスクの実測及び予測値及び約 100 地点の道路テレメータの気温・路面温度等の現況及び予測値である。GIS を利用することで、
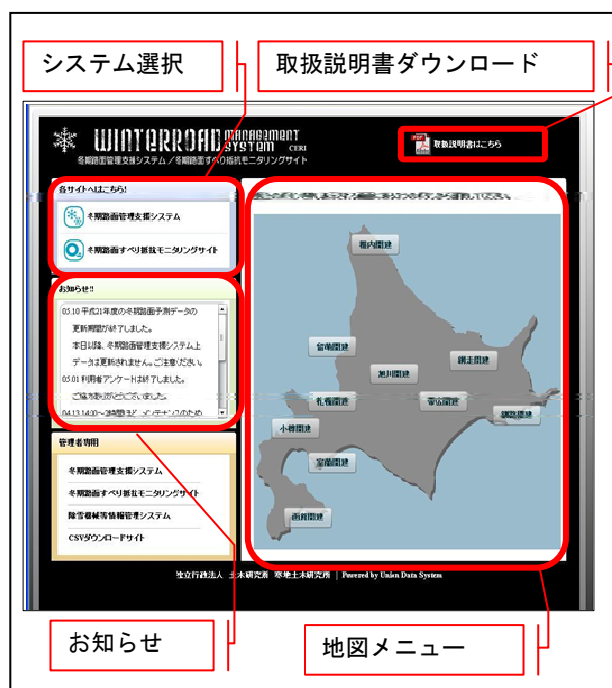
図 4　意思決定支援システムのポータルサイト

任意の路線・区間の、任意の情報を任意の倍率で閲覧可能なシステムとなっている。

システムの操作メニューは、「時刻選択」、「要素選択」及び「地図の調整」から構成される。「時刻選択」では、現在時刻から、最大で 16 時間先の予測情報を表示する。「要素選択」では、「気象メッシュ」、「路線予測」及び「地点予測」から任意の要素を選択する。気象メッシュでは、降雪、気温、降水、吹雪視界を選択することができる。「路線予測」では、路面温度、凍結リスクを選択する。地点によって異なる路面温度又は凍結リスクを分布図として示すことによって、より的確な冬期道路管理の判断を可能にする。なお、路面温度と凍結リスク分布を表示できる路線は現在のところ限られているが、幹線道路から順次拡大している。また、「地図の調整」では各地区の地図に直接移動できる他、地図エリアの拡大縮小ができる。更に、「地点予測」では約 100 地点の道路

図５　冬期路面管理支援システム
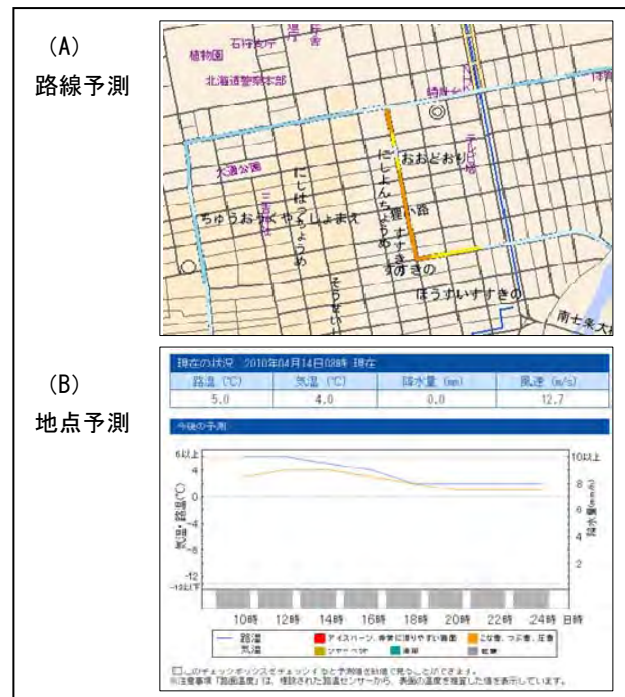
図６　冬期路面管理支援システムの路面予測画面

図７　冬期路面すべり抵抗モニタリングシステム
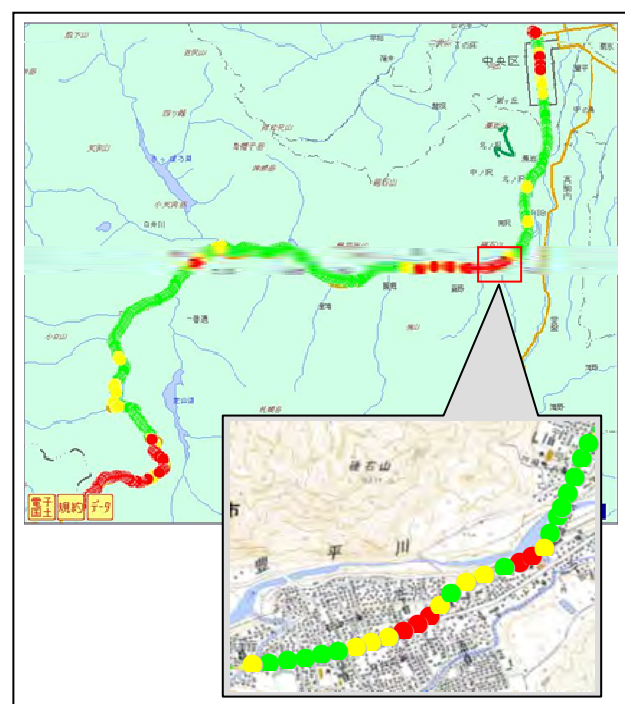
図８　計測結果の表示例

テレメータの気温・降水量・路面温度・路面状態の実況及び予測値を表示する（図 6）。

(3) 冬期路面すべり抵抗モニタリングサイトのインターフェース

図 7 に、冬期路面すべり抵抗モニタリングサイトのインターフェースを示す。当該システムは、CFT で計測した HFN の現況および過去の測定結果を表示する。サイトの操作メニューは、「地区の選択」、「日時選択」、「気象情報選択」、「測定車選択」及び「地図の調整」から構成されている。「地区の選択」により、各管轄地区の地図に直接移動できるようになっている。「日時選択」では、任意の日時の測定結果を表示するための機能である。「気象情報選択」では、冬期路面管理支援システムで公開している気象データを任意の日時で重ねて表示することができる。

表１　冬期路面管理支援システムの開発経緯（概略）

日付	実施内容
2004 年～	・気象・路面温度観測対象路線の選定 ・仮説気象観測機器設置により気象・路面温度観測を開始（一般国道 5・274 号） ・熱収支法を用いた路面温度推定モデル等の構築・精度検証
2005 年 12 月	・インターネットを介して冬期路面管理支援システムの試験運用開始 ※一般国道 5 号（発寒）の気象予測及び路面温度予測データをテキストで情報提供
2006 年 2 月	・気象予測及び路面温度予測の結果を図形化し情報提供を実施 ・一般国道 5・274 号（札幌新道）における情報提供地点数を拡充（1→5 地点）
2006 年 12 月	・平成 18 年度冬期の試験運用開始 ・気象、路面温度、路面状態予測対象路線の追加（一般国道 231 号）
2007 年 2 月	・既存システム（冬期道路管理システム）と統合 ・一部路線にて線的予測情報の試験的提供を開始（一般国道 5・274 号/札幌南 IC⇔札幌西 IC）
2007 年 12 月	・平成 19 年度冬期の試験運用開始 ・気象、路面温度、路面状態予測対象路線の追加（一般国道 230 号）
2008 年 2 月	・地図の拡大倍率を三段階にドラッグ可能に変更 ・線的予測情報の提供対象路線を追加（一般国道 231・230 号等） ・道路管理者が所管する道路テレメータデータを使用した予測情報提供の開始（3 地点）
2008 年 12 月	・平成 20 年度冬期の試験運用開始
2009 年 2 月	・GIS システムに移行（アクセス件数カウント方法の変更） ・線的予測情報の提供対象路線を追加（一般国道 12・453・274 号等） ・道路テレメータデータを使用した予測情報提供地点の拡大（3→18 地点）
2009 年 12 月	・平成 21 年度冬期の試験運用開始 ・道路テレメータデータを使用した予測情報提供地点の拡大（18→100 地点）

「測定車選択」では、各測定車の計測履歴から任意の測定結果を選択し表示できる。「地図の調整」では、冬期路面管理支援システムと同様の操作で地図の拡大縮小と移動ができる。

冬期路面すべり抵抗モニタリングにより記録収集した HFN は、0.1 秒間隔、0～100 の整数値で記録されるが、システムでは閲覧しやすさを考慮して 5 秒間隔の平均値を●HFN44 以下（雪氷路面）、●HFN45～59（断続的な路面）及び●HFN60 以上（露出路面）の 3 段階で表示している（図 8）。

（4）システムの開発経緯と活用状況

表 1 に、冬期路面管理支援システムの開発の経緯を示す。システム開発にあたっては、工程を順番に進めてシステム全体を一気に開発する「ウオーターフォール・モデル」ではなく、システムの一部分について設計・実装を行い、顧客からのフィードバックやインターフェースの検討などを経て、更に設計・実装を繰り返していく「スパイラルモデル」を採用している。道路管理者にとって望ましい体系やインターフェースが事前には不明であったため、試験的に運用しながら情報提供対象路線及び地点の追加とシステムのインターフェースを改善していくこととした。

図 9 に、冬期路面管理支援システムのアクセス件数の推移を示す。運用を開始した直後はアクセス件数が伸びなかったが、2005 年 1 月下旬以降は着実にアクセス件数が増加した。これは、運用開始直後には低かったシステムの認知度が時間の経過とともに高まったためと考えられる。なお、2009 年 2 月に GIS システムに移行後は、予測時間・要素を変更して閲覧してもアクセス数は増加しないカウント方法に移行したため、アクセス件数の伸びは小さくなった。

後発で開発された冬期路面すべり抵抗モニタリングシステムに関しては、平成 20 年度冬期から情報提供を開始した。平成 21 年度冬期には、約 12,000 件のアクセスがあり、両システムは冬期道路管理の意思決定を支援する有用な情報として活用されている。

5.　今後の展望

本研究では、より効果的・効率的かつ透明性の高い冬期道路管理に資する技術として ITS 技術を活用した意思決定支援システムの開発を進めてきた。今後は、実務への導入を目指して当該システムのインターフェース等の改良・充実に関する検討を引き続
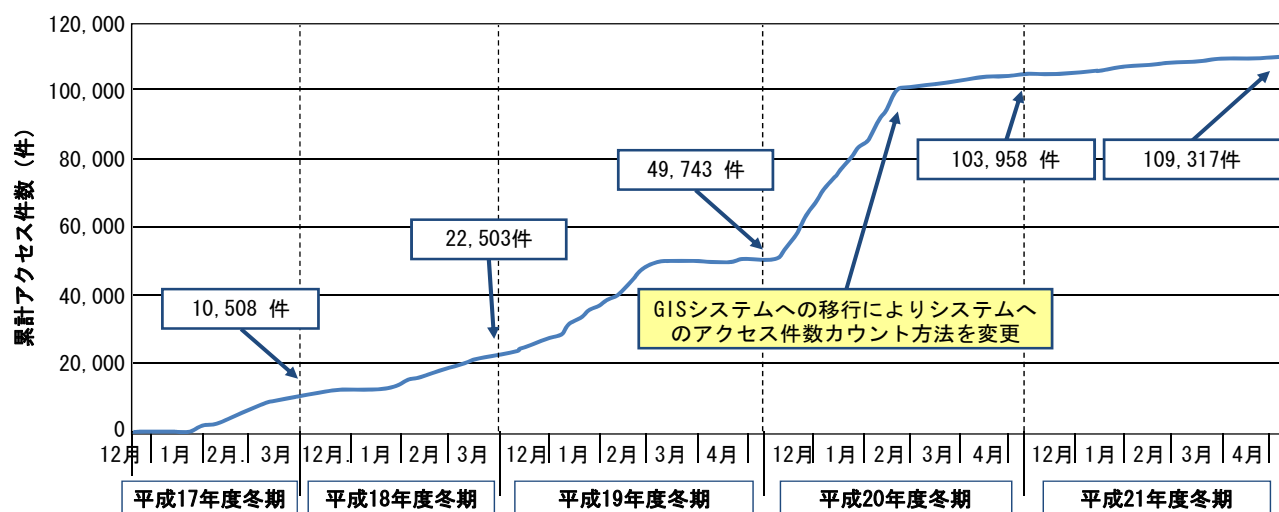
図 9　冬期路面管理支援システムのアクセス件数の推移
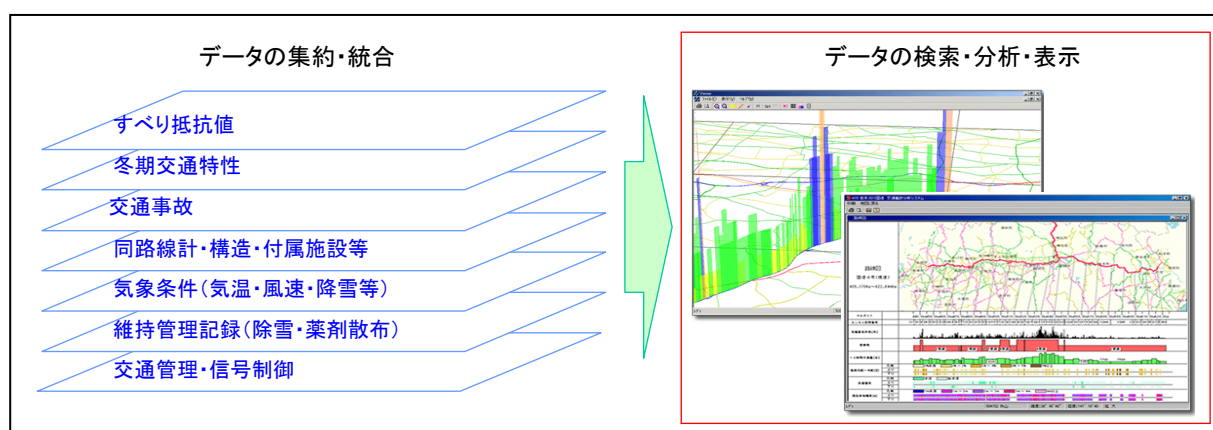
図 10　冬期道路マネジメントシステムの概念図

き行うとともに、当該システムの利用による冬期道路の維持管理作業の効率化・適正化等の効果について実践的な検証を道路管理者と協議・連携しながら進めてまいりたい。

また、GIS の活用により冬期道路管理に関係する既存の個別システムとの統合も検討し、各種情報へのアクセス性を高めるとともに、冬期道路の性能に影響を及ぼす冬期道路管理、気象条件、交通特性など様々な要因（データ）を統合した冬期道路マネジメントシステムの開発を進める予定である（図 10）。これにより、冬期路面管理作業の判断とその結果・成果をより客観性かつ透明性の高い方法で測定・評価することが可能になり、PDCA サイクルに基づいたより効率的な冬期道路管理への貢献が期待される。

参考文献

1) Thorsten Cypra: A Comprehensive Winter Maintenance Management System to Increase Road Safety and Traffic Flow, 14th International Road Weather Conference (2008).
2) Kevin R. Petty et al.: Providing Winter Road Maintenance Guidance - An Update of the Federal Highway Administration Maintenance Decision Support System, Transportation Research Circular EC-126 (2008).
3) PIARC-TC B5: Winter Service, Snow & Ice Data Book 2010 (2010).
4) Thierry Ludent: The Thermal Mapping Program - Decision Support Concerning Salt Spreading, Proceedings of 11th International Winter Road Congress (2002).
5) Munehiro Kazunori et al.: Assessment of Winter Road Traffic Performance Using Taxi Probe Data, 13th International Winter Road Congress (2010).
6) Alexander Dinkel et al.: Fusion of XFCD and Local Road Weather Data for a Reliable Determination of the Road Surface Condition, 14th International Road Weather Conference (2008).
7) 高橋尚人：積雪寒冷地における冬期道路管理の高度化に関する研究、学位論文（2010）

Roberto Tokunaga, Kiriishi Makoto and Naoto Takahashi